

シリコン微細加工チップに形成された自立型脂質二分子膜の容量抽出法

Capacitance extraction method of a free-standing bilayer lipid membrane formed over an aperture in a nanofabricated silicon chip

電通大[†], 山形大[‡], 東北大^{||}

○富岡康貴[†], 高島匠吾[†], 守屋雅隆[†], 島田宏[†], 廣瀬文彦[‡], 平野愛弓^{||}, 水柿義直[†]

Univ. of Electro-Comm.[†], Yamagata Univ.[‡], Tohoku Univ.^{||}

Y. Tomioka[†], S. Takashima[†], M. Moriya[†], H. Shimada[†], F. Hirose[‡],

A. Hirano-Iwata^{||} and Y. Mizugaki[†]

E-mail: tomioka@w8-7f.ee.uec.ac.jp

1.はじめに

細胞は生物の機能上の最小単位であり、脂質二分子膜はその生体膜を構成する主成分である。脂質二分子膜は人工的手法を用いて比較的容易に形成できることから様々な分野で研究がなされている。これまでに、無細胞合成 hERG チャンネルを用いた薬物感受性の記録や[1], PCBM を膜内に包埋したハイブリッド膜の光応答観測[2]などが報告されている。これらの研究には微細加工された Si チップ[1]が用いられているが、そのチップ孔に形成された脂質二分子膜は単位面積当たりの膜容量(特性容量)が正確に求められていない。他機関においても、Si チップをプラットフォームとした系ではチップと膜の容量分離ができていないケースが散見される[3,4]。そこで、我々は微細加工 Si チップに形成された脂質二分子膜について、その周波数特性を電気化学インピーダンス分光法により測定し、修正を加えた等価回路モデルを用いることで膜容量の抽出を試みた。

2.実験結果

Fig. 1 は本研究で用いた等価回路モデルである。先行研究の等価回路モデル[5]に修正を加え、チップ容量 C_{CHIP} と直列に抵抗 R_{CHIP} を配置した。Fig. 2 に周波数特性の測定結果とフィッティング結果を、Table 1 に膜抵抗・容量の抽出結果を示す(膜形成から 0.5 時間経過後、1 時間毎に計 6 回測定した結果から抽出)。膜抵抗は最大 1.07 T Ω を観測し、非常に高抵抗の膜が形成された。また、単位面積当たり膜容量 C_{BLM} / S_{ap} は過去に報告されている特性容量の範囲(0.4-1.0 $\mu\text{F}/\text{cm}^2$)で抽出された(孔の面積 $S_{ap} = 1.97 \times 10^{-5} \text{ cm}^2$)。この値は脂質二分子膜が形成されたことを裏付ける一つの証拠になり得る。また、この回路モデルは膜容量を特定できていない、Si チップをプラットフォームとする他の先行研究にも有効であると考えられる。

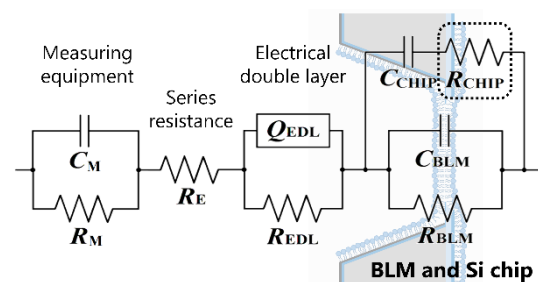


Fig. 1: Equivalent circuit model.

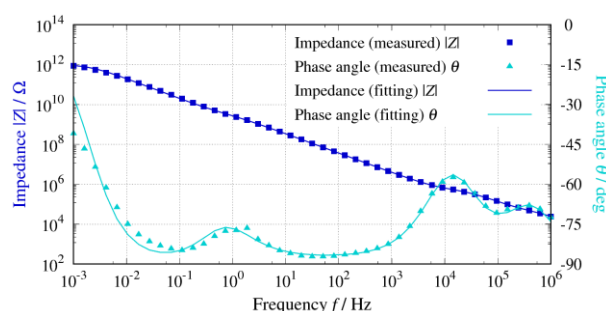


Fig. 2: Results of EIS measurements.

Table 1: Extracted parameters of BLMs.

R_{BLM} [T Ω]		C_{BLM} [pF]		C_{BLM}/S_{ap} [$\mu\text{F}/\text{cm}^2$]	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
0.905	1.07	14.9	20.2	0.758	1.02

3.謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 17K04979, および JST-CREST JPMJCR14F3 の助成のもと行われた。

参考文献

- [1] D. Tadaki et al., Sci. Rep. **7**, 17736, (2017).
- [2] K. Kanomata et al, J. Electroanal. Chem. **832**, 55 (2019).
- [3] X. Han et al., Adv. Meter. **19**, 4466 (2007).
- [4] Z.-W. Zhu et al., Langmuir **28**, 14739 (2012).
- [5] Y. Tomioka et al. Jpn. J. Appl. Phys. **58**, SDDK02 (2019).